

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT IM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Juli 2003 (24.07.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/060482 A2

(51) Internationale Patentklassifikation: G01N 11/16, 9/00

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): JAKOBY, Bernhard [AT/AT]; Schulgasse 86/11, A-1180 Wien (AT). ARTZNER, Johannes [DE/DE]; Bismarckstrasse 116/5, 72764 Reutlingen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/03565

(22) Internationales Anmeldedatum:  
23. September 2002 (23.09.2002)

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

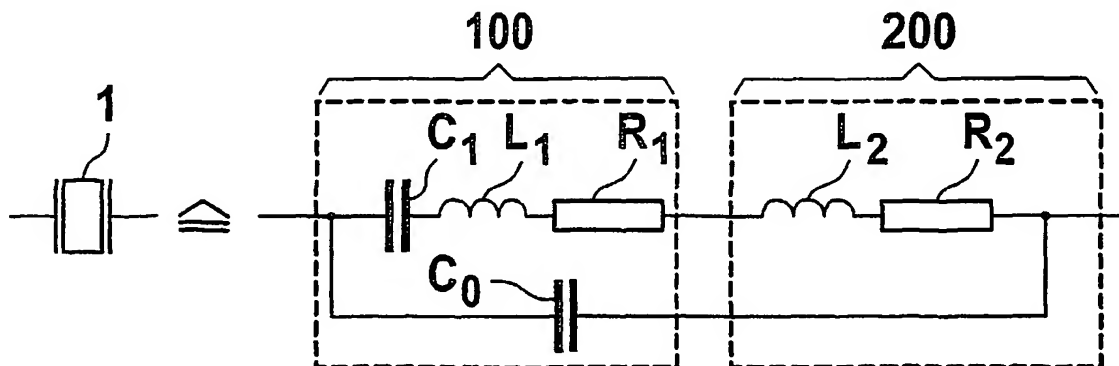
(30) Angaben zur Priorität:  
102 03 475.3 18. Januar 2002 (18.01.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: DEVICE FOR MEASURING VISCOSITY AND/OR DENSITY

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DER VISKOSITÄT UND/ODER DER DICHT



(57) Abstract: The invention relates to a device (7) for measuring viscosity and/or density of fluid (5) by means of an oscillator that is capable of effecting mechanical oscillations, whereby the oscillator can be brought into contact with the fluid (5), and an oscillator circuit (2) is provided. The invention is characterized in that the oscillator circuit (2) has a first feedback network (K1) and a second feedback network (K2).

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Vorrichtung (7) zur Messung der Viskosität und/oder der Dichte eines Fluids (5) mittels eines zu mechanischen Schwingungen fähigen Schwingers vorgeschlagen, wobei der Schwinger mit dem Fluid (5) in Kontakt bringbar vorgesehen ist, wobei eine Oszillatorschaltung (2) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Oszillatorschaltung (2) ein erstes Rückkopplungsnetzwerk (K1) und ein zweites Rückkopplungsnetzwerk (K2) aufweist.

Vorrichtung zur Messung der Viskosität und/oder der Dichte

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Messung der Dichte und/oder der Viskosität eines Fluids nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Aus der DE 19850803 ist bereits eine Sensoranordnung und ein Verfahren zur Ermittlung der Dichte und der Viskosität einer Flüssigkeit bekannt, wobei die Verwendung wenigstens einer Oszillationsschaltung vorgeschlagen wird.

## Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass eine Kompensationsmöglichkeit für Effekte geschaffen wird, die das Messergebnis beeinträchtigen.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen Vorrichtung möglich.

Besonders vorteilhaft ist, dass das erste Rückkopplungsnetzwerk entsprechend einem, einen als Sensorelement fungierenden Resonator als frequenzbestimmendes Element aufweisendes

Rückkopplungsnetzwerk vorgesehen ist und dass das zweite Rückkopplungsnetzwerk entsprechend einem, eine Korrekturkapazität als frequenzbestimmendes Element aufweisendes Rückkopplungsnetzwerk vorgesehen ist. Dadurch ist es möglich, dass bei der Messung der Viskosität von hochviskosen Flüssigkeiten eine im wesentlichen zu der Meßimpedanz parallelliegende Kapazität, beispielsweise in Form von Streukapazitäten, kompensierbar ist. Hierdurch wird in vorteilhafter Weise erreicht, dass eine Kompensation der parallelliegenden Kapazität möglich ist, ohne zur Kompensation auf Bauteile mit schlechtem, d.h. großem, Temperaturkoeffizienten bzw. mit schlechten Drifteigenschaften, wie beispielsweise induktive Bauelemente, zurückgreifen zu müssen.

Weiterhin ist von Vorteil, dass die Vorrichtung einen Verstärker aufweist, dass der Verstärker einen ersten Eingang aufweist und dass dem ersten Eingang des Verstärkers ein Ausgang des ersten Rückkopplungsnetzwerk und ein Ausgang des zweiten Rückkopplungsnetzwerk zugeführt ist, wobei dem ersten Eingang des Verstärkers die Differenz der Ausgänge der Rückkopplungsnetzwerke zugeführt ist. Hierdurch ist auf einfache Weise die Kompensation der parallelliegenden Kapazitäten möglich, indem die Korrekturkapazität in etwa so groß gewählt wird wie die zu korrigierende und parallelliegenden Kapazitäten.

#### Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Figur 1 ein Ersatzschaltbild eines Quarzresonators in der Umgebung der Resonanzfrequenz,

Figur 2 ein Blockschaltbild der vorgeschlagenen Oszillatorschaltung und

Figur 3 eine schematische Darstellung einer Messanordnung mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

#### Beschreibung des Ausführungsbeispiels

Es ist bereits allgemein bekannt, zur Viskositäts- und oder Dichtemessung piezoelektrische Schwinger, insbesondere Dickenscherschwinger und insbesondere aus Quarz, zu verwenden. Wird ein solcher Dickenscherschwinger in eine viskose Flüssigkeit getaucht, so ändern sich die Resonanzfrequenz der Eigenschwingung und deren Dämpfung in Abhängigkeit der Viskosität und der Dichte der Flüssigkeit.

Der Einfachheit halber folgt zunächst die Beschreibung der Figur 3. In Figur 3 ist eine schematische Darstellung einer Messanordnung mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. In einem Behälter 6 befindet sich ein Fluid 5, erfindungsgemäß insbesondere eine Flüssigkeit 5. In die Flüssigkeit 5 bzw. das Fluid 5 ist der mit dem Bezugszeichen 3 bezeichnete Schwinger eingetaucht. Der Schwinger 3 ist mit einer Regelungs- und Auswerteeinheit 4 verbunden, welche über nicht dargestellte drahtgebundene oder nicht drahtgebundene Kanäle die Messergebnisse bzgl. der zu messenden Größen der Flüssigkeit 5 weiterzuleiten imstande ist. Der Schwinger 3 und die Regelungs- und Auswerteeinheit 4 bilden zusammen die erfindungsgemäße und mit dem Bezugszeichen 7 bezeichnete Vorrichtung zur Messung der Viskosität und/oder der Dichte einer Flüssigkeit. Dies ist in Figur 3 durch eine mittels einer gestrichelt gezeichneten Linie dargestellte und mit dem Bezugszeichen 7 versehene Zusammenfassung des Schwingers 3 und der Regelungs- und Auswerteeinheit 4 dargestellt.

Nachfolgend werden die Figuren 1 und 2 beschrieben.

Für einen Quarzresonator gilt dabei das in Figur 1 gezeigte Ersatzschaltbild. Dieses besagt, dass ein im linken Teil der Figur 1 dargestelltes und mit dem Bezugszeichen 1 versehenes Schaltsymbol für das Schwingungssystem - bestehend aus dem Schwinger 3 und dem angekoppelten Fluid 5 - einem Schwingssystem bestehend aus einem ersten und in der Figur 1 mit dem Bezugszeichen 100 versehenen Teil, welcher im folgenden auch als "Trockener Anteil" bezeichnet wird, und einem zweiten und in der Figur 1 mit dem Bezugszeichen 200 versehenen Teil, welcher im folgenden auch als "Flüssigkeitsanteil" oder "Fluidanteil" bezeichnet wird, entspricht.

Der trockene Anteil 100 und der Fluidanteil 200 sind in Figur 1 im Sinne einer Serienschaltung verbunden und im rechten Teil der Figur 1 hintereinander angeordnet. Der trockene Anteil 100 umfaßt hierbei einen Schwinger 3, dessen Verhalten sich beschreiben läßt durch eine erste Kapazität  $C_1$ , eine erste Induktivität  $L_1$  und einen ersten Widerstand  $R_1$ . Der Fluidanteil 200 umfaßt hierbei die an den Schwinger 3 angrenzende Fluidschicht bzw. den Anteil des Fluids, welcher durch die mechanischen Schwingungen des Schwingers beeinflußt wird. Das Verhalten der an den Schwinger 3 angekoppelten Fluidschicht bzw. des an den Schwinger 3 angekoppelten Anteils des Fluids läßt sich dabei durch eine zweite Induktivität  $L_2$  und einen zweiten Widerstand  $R_2$  beschreiben.

Der zweite Widerstand  $R_2$  ist näherungsweise proportional zur Quadratwurzel aus dem Produkt der Dichte und der dynamischen Viskosität des Fluids bzw. der Flüssigkeit. Der zweite Widerstand  $R_2$  repräsentiert die viskose Dämpfung durch die Flüssigkeit. Die zweite Induktivität  $L_2$  bewirkt eine Frequenzverschiebung durch die viskose Flüssigkeit, wobei

die zweite Induktivität  $L_2$  bei rauen Resonatoroberflächen auch Anteile umfaßt, die durch "gefangene" Flüssigkeitsanteile in der rauen Resonatoroberfläche entstehen. Diese Frequenzverschiebung ist ebenfalls näherungsweise proportional zur Quadratwurzel aus dem Produkt der Dichte und der dynamischen Viskosität des Fluids bzw. der Flüssigkeit. Bei bekannter oder hinreichend konstanter Dichte kann der Resonator daher zur Bestimmung der (dynamischen) Viskosität verwendet werden. Zur Auswertung bzw. zur Messung ist es erfindungsgemäß vorgesehen, die verwendeten elektrischen Parameter durch Verwendung des Resonators als frequenzbestimmendes Element in einer bzw. durch eine Oszillatorschaltung zu erfassen.

Bei der Charakterisierung hochviskoser Flüssigkeiten steigt der zweite Widerstand  $R_2$  stark an, so dass die Impedanz des Resonators auch in der Umgebung der Serienresonanzfrequenz im wesentlichen durch eine zur der seriellen Anordnung aus erster Kapazität  $C_1$ , erster Induktivität  $L_1$ , erstem Widerstand  $R_1$ , zweiter Induktivität  $L_2$  und zweitem Widerstand  $R_2$  parallel vorhandenen und mit dem Bezugszeichen  $C_0$  versehenen Kapazität bestimmt wird. Diese Kapazität  $C_0$  repräsentiert die elektrostatische Kapazität die durch die, zur Anregung der Schwingung auf dem Resonator aufgebrachten Elektroden dargestellt wird. Weitere, in der Figur 1 der Einfachheit halber nicht gezeigte sogenannte Streukapazitäten, die eben falls zur Kapazität  $C_0$  parallel liegen, können ebenfalls vorhanden sein. Die Streukapazitäten repräsentieren beispielsweise jene Kapazitäten, die durch die Zuleitungen zum Sensorelement dargestellt werden.

Bei hohen Widerstandswerten des zweiten Widerstands  $R_2$ , das heißt bei hohen Viskositäten der Flüssigkeit, wird die Gesamtimpedanz des Resonators auch in der Umgebung der Serienresonanzfrequenz im wesentlichen durch die Kapazität  $C_0$  (bzw. zusätzlich die Streukapazitäten) bestimmt, wodurch

sich die Bestimmung der relevanten Ersatzparameter mittels einer Oszillatorschaltung erschwert.

Eine mögliche Abhilfe ist die Parallelschaltung einer Induktivität zur Kompensation der Kapazität  $C_0$  bzw. zusätzlich der Streukapazitäten in der Umgebung der Serienresonanzfrequenz des Resonators. Der Nachteil hierbei ist zum einen der erforderliche Abgleich dieser zusätzlichen (kompensierenden) Induktivität und zum anderen die üblicherweise schlechten Temperaturkoeffizienten bzw. Drifteigenschaften von induktiven Bauelementen.

Erfindungsgemäß ist eine Oszillatorschaltung vorgesehen, bei welcher der störende Einfluß der Kapazität  $C_0$  durch die Verwendung einer Referenzkapazität  $C$ , die im folgenden auch als Korrekturkapazität  $C$  bezeichnet wird, unterdrückt wird. Im einfachsten Fall sollte diese Referenzkapazität  $C$  etwa dem Wert der Kapazität  $C_0$  aufweisen. Vorteilhaft ist erfindungsgemäß die Kompensationsmöglichkeit der Kapazität  $C_0$  ohne die Notwendigkeit einer abzustimmenden Induktivität und demnach der Wegfall aller damit verbundenen Nachteile.

In Figur 2 ist ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Oszillatorschaltung 2 dargestellt. Die Oszillatorschaltung 2 weist einen Verstärker  $V$ , ein erstes Rückkopplungsnetzwerk  $K_1$ , ein zweites Rückkopplungsnetzwerk  $K_2$  und eine Verstärkungsregelungseinheit AGC auf. Der Verstärker  $V$  weist einen ersten Eingang 10, einen zweiten Eingang 11 und einen Ausgang 12 auf. Das erste Rückkopplungsnetzwerk  $K_1$  weist einen Eingang 21 und einen Ausgang 22 auf. Das zweite Rückkopplungsnetzwerk  $K_2$  weist einen Eingang 31 und einen Ausgang 32 auf. Die Verstärkungsregelungseinheit AGC weist einen Eingang 41 und einen Ausgang 42 auf. Der Ausgang 12 des Verstärkers  $V$  ist sowohl mit dem Eingang 21 des ersten Rückkopplungsnetzwerks  $K_1$  als auch mit dem Eingang 31 des zweiten Rückkopplungsnetzwerks  $K_2$  als auch mit dem Eingang

41 der Verstärkungsregelungseinheit AGC verbunden. Der Ausgang des ersten Rückkopplungsnetzwerks  $K_1$  ist mit dem ersten Eingang 10 des Verstärkers verbunden. Der Ausgang des zweiten Rückkopplungsnetzwerks  $K_2$  ist ebenfalls mit dem ersten Eingang 10 des Verstärkers verbunden. Erfindungsgemäß ist es insbesondere vorgesehen, dass der Ausgang 32 des zweiten Rückkopplungsnetzwerks  $K_2$  derart mit dem ersten Eingang 10 des Verstärkers V verbunden ist, dass der Ausgang 32 des zweiten Rückkopplungsnetzwerks  $K_2$  derart negativ auf den ersten Eingang 10 des Verstärkers V wirkt, dass am ersten Eingang 10 des Verstärkers V die Differenz der Ausgänge 22, 32 des ersten und zweiten Rückkopplungsnetzwerks  $K_1$ ,  $K_2$  anliegt. Dies ist in Figur 2 dadurch gekennzeichnet, dass in der Nähe der Zusammenführung der Signale der Ausgänge 22, 32 der Rückkopplungsnetzwerke  $K_1$ ,  $K_2$  der Ausgang 32 des zweiten Rückkopplungsnetzwerks  $K_2$  mit einem Minuszeichen (-) bezeichnet ist.

Kern der Oszillatorschaltung 2 ist der Verstärker V und das Rückkopplungsnetzwerk  $K_1$ , welches den in der Figur 2 mit dem Bezugszeichen Q versehenen Resonator als frequenzbestimmendes Element enthält. Der Resonator Q ist erfindungsgemäß insbesondere als Quarz vorgesehen und wird im folgenden auch als Quarz Q bezeichnet. Der Übertragungsfaktor des Rückkopplungsnetzwerks  $K_1$  ist typischerweise so beschaffen, dass er in der Nähe der Serienresonanzfrequenz des Quarzes Q ein betragsmäßiges Maximum aufweist. Gleichzeitig sollte in der Nähe dieses Punktes vorteilhafterweise die Phasenbedingung für die Oszillation erfüllt sein, d.h. es sollte gelten, dass die Summe der Phasen des ersten Rückkopplungsnetzwerks  $K_1$  und des Verstärkers V ein Vielfaches von  $360^\circ$  ergeben. Die zuletzt genannten Bedingungen können durch entsprechendes Design der Schaltungsblöcke des ersten Rückkopplungsnetzwerks  $K_1$ , des zweiten



Rückkopplungsnetzwerks  $K_2$  und des Verstärkers  $V$  erfüllt werden.

Die Oszillation erfolgt bei der Frequenz  $\omega$ , bei der die Schwingbedingung erfüllt ist; im Fall der in Figur 2 gezeigten Anordnung bedeutet dies, dass das Produkt aus dem Übertragungsfaktor des Verstärkers  $V$ , multipliziert mit der Differenz, welche sich aus dem Übertragungsfaktor des ersten Rückkopplungsnetzwerks  $K_1$  abzüglich des Übertragungsfaktors des zweiten Rückkopplungsnetzwerks  $K_2$  ergibt, gerade 1 ergeben muß. Die Übertragungsfaktoren der Funktionsblöcke der Oszillatorschaltung 2 sind hierbei als komplexwertige Übertragungsfaktoren zu sehen, weshalb sich diese Schwingbedingung in eine Amplitudenbedingung und eine Phasenbedingung aufspalten läßt.

Durch die Verstärkungsregelungseinheit AGC kann die Amplitudenbedingung bei der durch die Phasenbedingung vorgegebenen Oszillationsfrequenz erfüllt werden. Die Verstärkungsregelungseinheit AGC umfaßt beispielhaft insbesondere einen in Figur 2 der Einfachheit halber nicht dargestellten Funktionsblock zur Erfassung der Schwingungsamplitude eines ersten und in der Figur 2 mit dem Bezugszeichen FS bezeichneten Ausgangssignals der Oszillatorschaltung 2, welches erfindungsgemäß insbesondere dem Ausgangssignal des Verstärkers  $V$  entspricht. Dieser Funktionsblock in der Verstärkungsregelungseinheit AGC zur Erfassung der Schwingungsamplitude ist insbesondere als Gleichrichterschaltung ausgeführt. Weiterhin umfaßt die Verstärkungsregelungseinheit AGC beispielhaft insbesondere einen in Figur 2 der Einfachheit halber nicht dargestellten Regler, welcher über den Ausgang 42 der Verstärkungsregelungseinheit AGC und den zweiten Eingang 11 des Verstärkers  $V$  die Verstärkung im Verstärker  $V$  so einstellt, dass sich eine konstante Schwingungsamplitude ergibt. Dem Ausgang 42 der Verstärkungsregelungseinheit AGC

entspricht ein zweites und in Figur 2 mit dem Bezugszeichen VS bezeichnetes Ausgangssignal der Oszillatorschaltung 2.

Erfindungsgemäß ist es das Ziel, bei der Regelung durch die Oszillationsschaltung, eine Oszillation bei der durch die zu messende Impedanz bestimmte Serienresonanzfrequenz herbeizuführen, wobei die zu messende Impedanz durch die in Figur 1 dargestellte Serienschaltung aus erster Induktivität  $L_1$ , erster Kapazität  $C_1$ , erstem Widerstand  $R_1$ , zweiter Induktivität  $L_2$  und zweitem Widerstand  $R_2$  gegeben ist. Die Oszillatorfrequenz, welche bei erfolgter Kompensation im wesentlichen durch die Induktivitäten  $L_1$  und  $L_2$  und die erste Kapazität  $C_1$  bestimmt ist und für die das erste Ausgangssignal FS ein Maß ist, kann dann zur Bestimmung der zweiten Induktivität  $L_2$  verwendet werden. Da der zweite Widerstand  $R_2$ , der im folgenden auch als Verlustwiderstand  $R_2$  bezeichnet wird, die Dämpfung des ersten Rückkopplungssnetzwerks  $K_1$  bestimmt, kann er indirekt durch das zur Herbeiführung der Oszillation notwendige, die Verstärkung bestimmende, zweite Ausgangssignal VS der Oszillationsschaltung, welches im folgenden auch als Verstärkungssignal VS bezeichnet wird, bestimmt werden. Da beide Größen, die erste Induktivität  $L_2$  und der zweite Widerstand  $R_2$ , durch das Produkt aus (dynamischer) Viskosität und Dichte des Fluids bestimmt werden, können die Ausgangssignale FS und VS zur Bestimmung dieser Flüssigkeitseigenschaften herangezogen werden.

Ohne Anwesenheit des zweiten Rückkopplungssnetzwerks  $K_2$  würde die frequenzbestimmende Phasenbedingung jedoch maßgeblich von der Kapazität  $C_0$  beeinflusst, die im folgenden auch als statische Kapazität  $C_0$  bezeichnet wird. Dies gilt insbesondere bei großen Verlustwiderständen  $R_2$ , welche den Serienresonanzzweig sehr hochohmig machen. Somit führt die statische Kapazität  $C_0$  bei der Gesamtimpedanz des Schwingersystems zu einem Phasenfehler im Frequenzgang des

ersten Rückkopplungssnetzwerks  $K_1$ , wodurch sich die Schwingungsfrequenz von der gewünschten Serienresonanzfrequenz entfernt bzw. die Schwingung im Extremfall sogar abreißt. Mit der Abweichung von der Serienresonanzfrequenz kann auch nicht mehr fehlerfrei von dem zweiten Ausgangssignal VS, welches von der Verstärkungsregelungseinheit AGC geliefert wird, auf den Verlustwiderstand  $R_2$  geschlossen werden. Kompensiert werden könnte die statische Kapazität  $C_0$  zwar durch eine Parallelinduktivität; es wären jedoch schwerwiegende Nachteile damit verbunden, wie zum Beispiel:

- Induktivitäten sind schwer abstimmbare und nur unter großen Fertigungstoleranzen herstellbar;
- Induktivitätswerte von Spulen driften und weisen Temperaturabhängigkeiten auf;
- die Kompensation erfolgt nur bei der Parallelresonanzfrequenz, gegeben durch die statische Kapazität  $C_0$  und die parallelgeschaltete Induktivität.

Die erfindungsgemäße Kompensationsmethode der statischen Kapazität  $C_0$  (und evtl. vorhandener parallel dazu vorhandener Streukapazitäten) basiert auf der Annahme, dass das erste Rückkopplungssnetzwerk  $K_1$  eine Übertragungsfunktion aufweist, die zumindest näherungsweise proportional ist zum Inversen der Impedanz des Quarzes Q. In diesem Fall kann der Anteil der statischen Kapazität  $C_0$  durch das im Blockschaltbild parallel zum ersten Rückkopplungssnetzwerk  $K_1$  angeordnete zweite Rückkopplungssnetzwerk  $K_2$  kompensiert werden, indem die Ausgangssignale des ersten Rückkopplungssnetzwerks  $K_1$  und des zweiten Rückkopplungssnetzwerks  $K_2$ , wie in Figur 2 gezeigt, subtrahiert werden. Werden die Rückkopplungssnetzwerke  $K_1$ ,  $K_2$  identisch gewählt, so muss für eine vollständige Kompensation der statischen Kapazität  $C_0$  die Korrekturkapazität C auf den Wert der statischen Kapazität  $C_0$  gesetzt werden. Die Funktionalität des zweiten

Rückkopplungssnetzwerks  $K_2$  ist mit derjenigen des ersten Rückkopplungssnetzwerks  $K_1$  vergleichbar insofern als, dass auch das zweite Rückkopplungssnetzwerk  $K_2$  eine Übertragungsfunktion aufweist, welche im wesentlichen proportional zum Inversen einer Impedanz ist, nämlich der Impedanz der Korrekturkapazität  $C$ .

Anstelle des genauen Abgleichs der Korrekturkapazität  $C$  auf den für die optimale Kompensation benötigten Wert kann die Kompensation vorteilhafterweise auch durch Variation von anderen Parametern, die den Übertragungsfaktor des zweiten Rückkopplungsnetzwerks  $K_2$  beeinflussen, wie zum Beispiel Verstärkungsfaktoren, erfolgen.

Eine vorteilhafte schaltungstechnische Ausführung der erfindungsgemäßen Oszillationsschaltung bzw. der erfindungsgemäßen Vorrichtung 7 verwendet bezüglich Masse - d.h. das Bezugspotential der Oszillationsschaltung, welches in Figur 2 der Einfachheit halber nicht dargestellt ist - symmetrische Signale, wodurch die Subtraktion der Ausgangssignale 22, 32 der Rückkopplungssnetzwerke  $K_1$ ,  $K_2$  durch "Auskreuzen" der Signalleitungen erfolgen kann. Die Ausführung der Ausgänge 22, 32 der Rückkopplungssnetzwerk  $K_1$ ,  $K_2$  in Form von sogenannten Stromausgängen [was bedeutet das genau?] kann zudem eine einfache Ausführung des Additionsknotens ermöglichen, welcher in Figur 2 mit einem Pluszeichen (+) in einem Kreis bei der Zusammenführung der Ausgänge 22, 32 der Rückkopplungssnetzwerke  $K_1$ ,  $K_2$  zum Eingang 10 des Verstärkers dargestellt ist. Eine ebensolche Ausführung der Ausgänge 22, 32 in Form von Stromausgängen ermöglicht es alternativ auch, die erfindungsgemäße Subtraktion des Ausgangssignals des zweiten Rückkopplungssnetzwerks  $K_2$  von Ausgangssignal des ersten Rückkopplungssnetzwerks  $K_1$  mittels eines nicht dargestellten Subtraktionsknotens (anstelle des Additionsknotens) durchzuführen.

### Patentansprüche

1. Vorrichtung (7) zur Messung der Viskosität und/oder der Dichte eines Fluids (5) mittels eines zu mechanischen Schwingungen fähigen Schwingers, wobei der Schwinger mit dem Fluid (5) in Kontakt bringbar vorgesehen ist, wobei eine Oszillatorschaltung (2) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Oszillatorschaltung (2) ein erstes Rückkopplungsnetzwerk ( $K_1$ ) und ein zweites Rückkopplungsnetzwerk ( $K_2$ ) aufweist.
2. Vorrichtung (7) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Rückkopplungsnetzwerk ( $K_1$ ) entsprechend einem, einen als Sensor fungierenden Resonator (Q) als frequenzbestimmendes Element aufweisendes Rückkopplungsnetzwerk vorgesehen ist und dass das zweite Rückkopplungsnetzwerk ( $K_2$ ) entsprechend einem, eine Korrekturkapazität (C) als frequenzbestimmendes Element aufweisendes Rückkopplungsnetzwerk vorgesehen ist.
3. Vorrichtung (7) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (7) einen Verstärker (V) aufweist, dass der Verstärker (V) einen ersten Eingang (10) aufweist und dass dem ersten Eingang (10) des Verstärkers (V) ein Ausgang (22) des ersten Rückkopplungsnetzwerks ( $K_1$ ) und ein Ausgang (32) des zweiten Rückkopplungsnetzwerks ( $K_2$ ) zugeführt ist, wobei dem ersten

Eingang (10) des Verstärkers (V) die Differenz der Ausgänge (22, 32) der Rückkopplungsnetzwerke ( $K_1$ ,  $K_2$ ) zugeführt ist.

4. Vorrichtung (7) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstärker (V) einen Ausgang (12) aufweist, wobei der Verstärkerausgang (12) mit einem Eingang (21) des ersten Rückkopplungsnetzwerks ( $K_1$ ) und mit einem Eingang (31) des zweiten Rückkopplungsnetzwerks ( $K_2$ ) verbunden ist.

5. Vorrichtung (7) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstärkerausgang (12) einem ersten Ausgangssignal (FS) der Oszillatorschaltung (2) entspricht.

6. Vorrichtung (7) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (7) eine Verstärkungsregelungseinheit (AGC) umfaßt, wobei die Verstärkungsregelungseinheit (AGC) einen Eingang (41) umfaßt, wobei der Verstärkerausgang (12) mit dem Eingang (41) der Verstärkungsregelungseinheit (AGC) verbunden ist.

7. Vorrichtung (7) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Verstärker (V) einen zweiten Eingang (11) aufweist und dass die Verstärkungsregelungseinheit (AGC) einen Ausgang (42) aufweist, wobei der Ausgang (42) der Verstärkungsregelungseinheit (AGC) mit dem zweiten Eingang (11) des Verstärkers (V) verbunden ist.

8. Vorrichtung (7) nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Ausgang (42) der Verstärkungsregelungseinheit (AGC) einem zweiten Ausgangssignal (VS) der Oszillatorschaltung (2) entspricht.

1 / 1

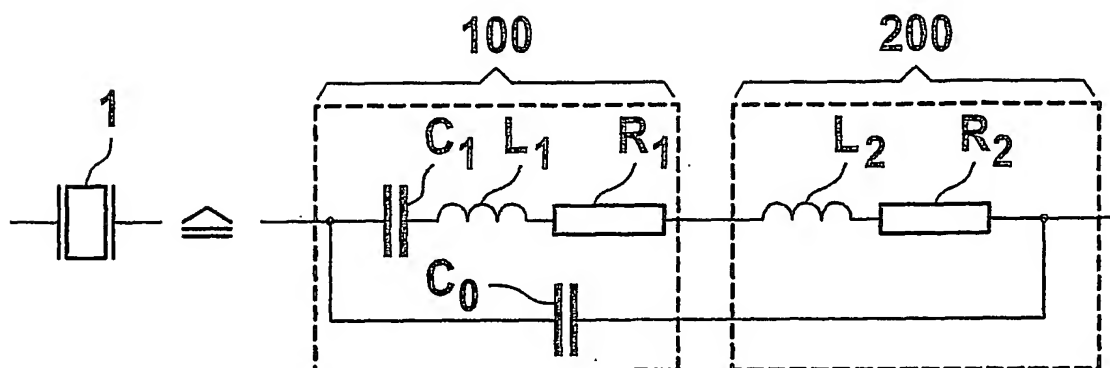


FIG. 1

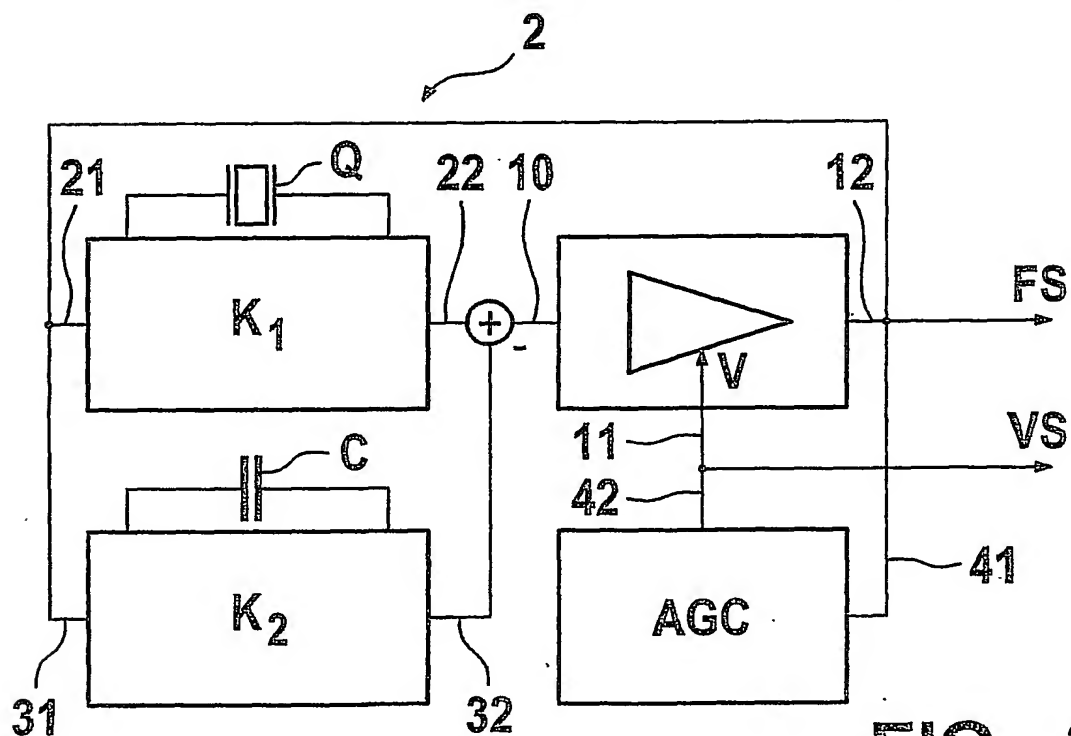


FIG. 2

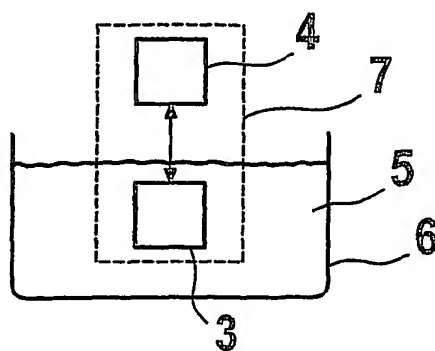


FIG. 3

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
24. Juli 2003 (24.07.2003)

PCT

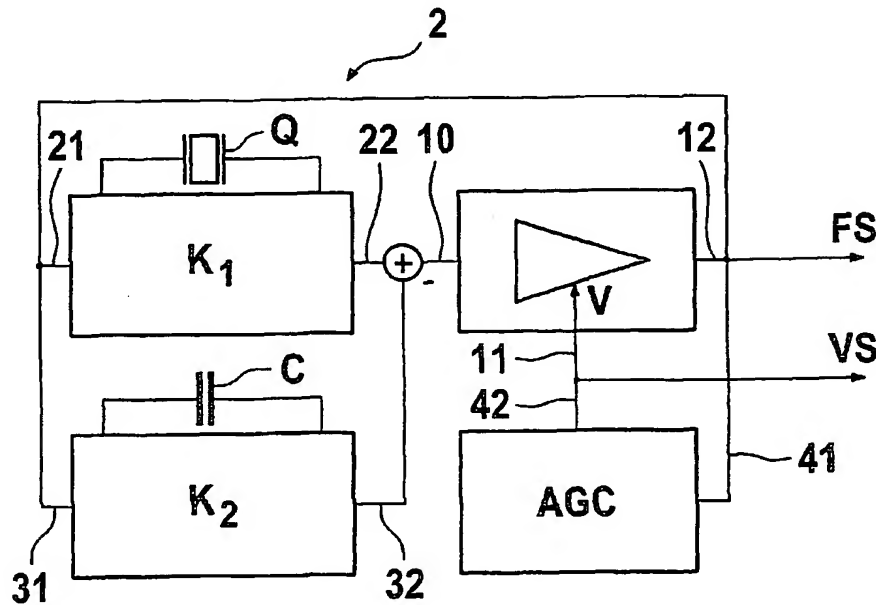
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/060482 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: G01N 11/16, 9/00
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE02/03565
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
23. September 2002 (23.09.2002)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
102 03 475.3 18. Januar 2002 (18.01.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): JAKOBY, Bernhard [AT/AT]; Schulgasse 86/11, A-1180 Wien (AT).  
ARTZNER, Johannes [DE/DE]; Bismarckstrasse 116/5, 72764 Reutlingen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).
- Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht  
— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE FOR MEASURING VISCOSITY AND/OR DENSITY

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUR MESSUNG DER VISKOSITÄT UND/ODER DER DICHT



(57) Abstract: The invention relates to a device (7) for measuring viscosity and/or density of fluid (5) by means of an oscillator that is capable of effecting mechanical oscillations, whereby the oscillator can be brought into contact with the fluid (5), and an oscillator circuit (2) is provided. The invention is characterized in that the oscillator circuit (2) has a first feedback network (K1) and a second feedback network (K2).

(57) Zusammenfassung: Es wird eine Vorrichtung (7) zur Messung der Viskosität und/oder der Dichte eines Fluids (5) mittels eines zu mechanischen Schwingungen fähigen Schwingers vorgeschlagen, wobei der Schwinger mit dem Fluid (5) in Kontakt bringbar vorgesehen ist, wobei eine Oszillatorschaltung (2) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Oszillatorschaltung (2) ein erstes Rückkopplungsnetzwerk (K1) und ein zweites Rückkopplungsnetzwerk (K2) aufweist.



WO 03/060482 A3





**(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen**

**Recherchenberichts:**

27. November 2003

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 02/03565

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 7 G01N11/16 G01N9/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EP0-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| X          | US 5 054 313 A (FITZGERALD JOHN V ET AL)<br>8 October 1991 (1991-10-08)<br>abstract; figure 1<br>column 7, line 26-60<br>----                               | 1                     |
| A          | US 5 741 961 A (CASAUS LEONARD ET AL)<br>21 April 1998 (1998-04-21)<br>abstract; figure 7<br>column 12, line 39-50<br>----                                  | 1                     |
| A          | US 4 783 987 A (DANIELSON J D SHELDON ET AL)<br>15 November 1988 (1988-11-15)<br>abstract<br>column 10, line 48-60<br>column 15, line 45-54<br>-----<br>-/- | 1                     |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

## ° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 September 2003

Date of mailing of the international search report

07/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Brison, O

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In International Application No

PCT/DE 02/03565

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A          | US 4 788 466 A (BEELER THEODORE L ET AL)<br>29 November 1988 (1988-11-29)<br>abstract; figure 1<br>----  | 1                     |
| A          | WO 00 25118 A (PAYNE RICHARD ;PAUL FRANK<br>(GB); PAVEY KARL (GB); SMITHKLINE BEECHA)<br>4 May 2000 (2000-05-04)<br>abstract; claims 13,14,28; figure 3<br>----  | 1-6                   |
| A          | US 5 416 448 A (WESSENDORF KURT O)<br>16 May 1995 (1995-05-16)<br>column 4, line 20-34<br>----   | 1                     |
| A          | US 4 023 400 A (NOVEMBER MILTON H)<br>17 May 1977 (1977-05-17)<br>abstract<br>----   | 1                     |
| A          | BARNES C: "DEVELOPMENT OF QUARTZ CRYSTAL<br>OSCILLATORS FOR UNDER-LIQUID SENSING"<br>SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA<br>S.A., LAUSANNE, CH,<br>vol. A29, no. 1,<br>1 September 1991 (1991-09-01), pages<br>59-69, XP000324266<br>ISSN: 0924-4247<br>the whole document<br>----           | 1                     |
| A          | CHAGNARD C ET AL: "AN ELECTRONIC<br>OSCILLATOR WITH AUTOMATIC GAIN CONTROL:<br>EQCM APPLICATIONS"<br>SENSORS AND ACTUATORS B, ELSEVIER SEQUOIA<br>S.A., LAUSANNE, CH,<br>vol. B32, no. 2, 1 May 1996 (1996-05-01),<br>pages 129-136, XP000636389<br>ISSN: 0925-4005<br>the whole document<br>----- | 1                     |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In International Application No  
PCT/DE 02/03565

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date  |
|---|---------------------|----------------------------|--|
| US 5054313                                | A                   | 08-10-1991                 | NONE   |
| US 5741961                                | A                   | 21-04-1998                 | US 5798452 A 25-08-1998  |
| US 4783987                                | A                   | 15-11-1988                 | NONE   |
| US 4788466                                | A                   | 29-11-1988                 | NONE   |
| WO 0025118                                | A                   | 04-05-2000                 | WO 0025118 A1 04-05-2000<br>EP 1125117 A1 22-08-2001<br>JP 2002528715 T 03-09-2002   |
| US 5416448                                | A                   | 16-05-1995                 | NONE   |
| US 4023400                                | A                   | 17-05-1977                 | CA 1078214 A1 27-05-1980<br>DE 2735786 A1 02-03-1978<br>FR 2363096 A1 24-03-1978<br>GB 1590794 A 10-06-1981<br>JP 53029164 A 18-03-1978<br>NL 7709233 A 27-02-1978 |

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 G01N11/16 G01N9/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

# B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfung (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 G01N

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfung gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EP0-Internal

# C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| X          | US 5 054 313 A (FITZGERALD JOHN V ET AL)<br>8. Oktober 1991 (1991-10-08)<br>Zusammenfassung; Abbildung 1<br>Spalte 7, Zeile 26-60                     | 1                  |
| A          | US 5 741 961 A (CASAUS LEONARD ET AL)<br>21. April 1998 (1998-04-21)<br>Zusammenfassung; Abbildung 7<br>Spalte 12, Zeile 39-50                        | 1                  |
| A          | US 4 783 987 A (DANIELSON J D SHELDON ET AL)<br>15. November 1988 (1988-11-15)<br>Zusammenfassung<br>Spalte 10, Zeile 48-60<br>Spalte 15, Zeile 45-54 | 1                  |
|            | ---<br>-/-  |                    |



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

30. September 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/10/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Brison, O

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |   |                    |
|--|---|--------------------|
| Kategorie°   | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr. |
| A  | US 4 788 466 A (BEELER THEODORE L ET AL)<br>29. November 1988 (1988-11-29)<br>Zusammenfassung; Abbildung 1<br>----  | 1                  |
| A  | WO 00 25118 A (PAYNE RICHARD ;PAUL FRANK<br>(GB); PAVEY KARL (GB); SMITHKLINE BEECHA)<br>4. Mai 2000 (2000-05-04)<br>Zusammenfassung; Ansprüche 13,14,28;<br>Abbildung 3<br>----  | 1-6                |
| A  | US 5 416 448 A (WESSENDORF KURT O)<br>16. Mai 1995 (1995-05-16)<br>Spalte 4, Zeile 20-34<br>----  | 1                  |
| A  | US 4 023 400 A (NOVEMBER MILTON H)<br>17. Mai 1977 (1977-05-17)<br>Zusammenfassung<br>----  | 1                  |
| A  | BARNES C: "DEVELOPMENT OF QUARTZ CRYSTAL<br>OSCILLATORS FOR UNDER-LIQUID SENSING"<br>SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA<br>S.A., LAUSANNE, CH,<br>Bd. A29, Nr. 1,<br>1. September 1991 (1991-09-01), Seiten<br>59-69, XP000324266<br>ISSN: 0924-4247<br>das ganze Dokument<br>----           | 1                  |
| A  | CHAGNARD C ET AL: "AN ELECTRONIC<br>OSCILLATOR WITH AUTOMATIC GAIN CONTROL:<br>EQCM APPLICATIONS"<br>SENSORS AND ACTUATORS B, ELSEVIER SEQUOIA<br>S.A., LAUSANNE, CH,<br>Bd. B32, Nr. 2, 1. Mai 1996 (1996-05-01),<br>Seiten 129-136, XP000636389<br>ISSN: 0925-4005<br>das ganze Dokument<br>----- | 1                  |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 02/03565

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung  |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|--|
| US 5054313   | A                             | 08-10-1991                        | KEINE  |
| US 5741961   | A                             | 21-04-1998                        | US 5798452 A 25-08-1998  |
| US 4783987   | A                             | 15-11-1988                        | KEINE  |
| US 4788466   | A                             | 29-11-1988                        | KEINE  |
| WO 0025118   | A                             | 04-05-2000                        | WO 0025118 A1 04-05-2000<br>EP 1125117 A1 22-08-2001<br>JP 2002528715 T 03-09-2002   |
| US 5416448   | A                             | 16-05-1995                        | KEINE  |
| US 4023400   | A                             | 17-05-1977                        | CA 1078214 A1 27-05-1980<br>DE 2735786 A1 02-03-1978<br>FR 2363096 A1 24-03-1978<br>GB 1590794 A 10-06-1981<br>JP 53029164 A 18-03-1978<br>NL 7709233 A 27-02-1978 |